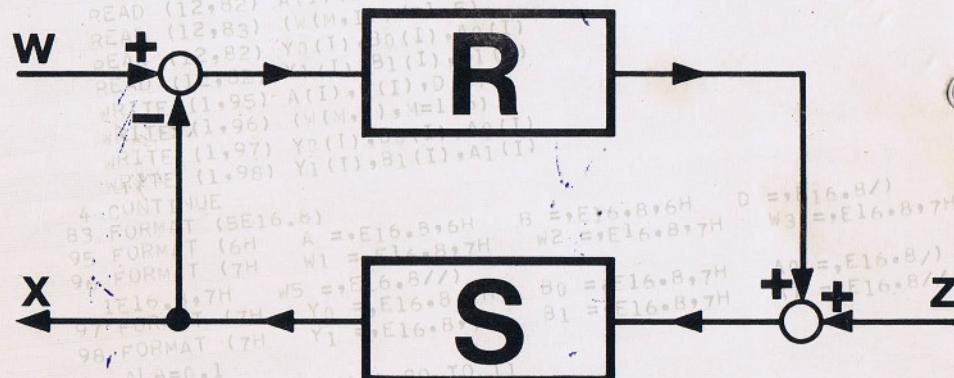
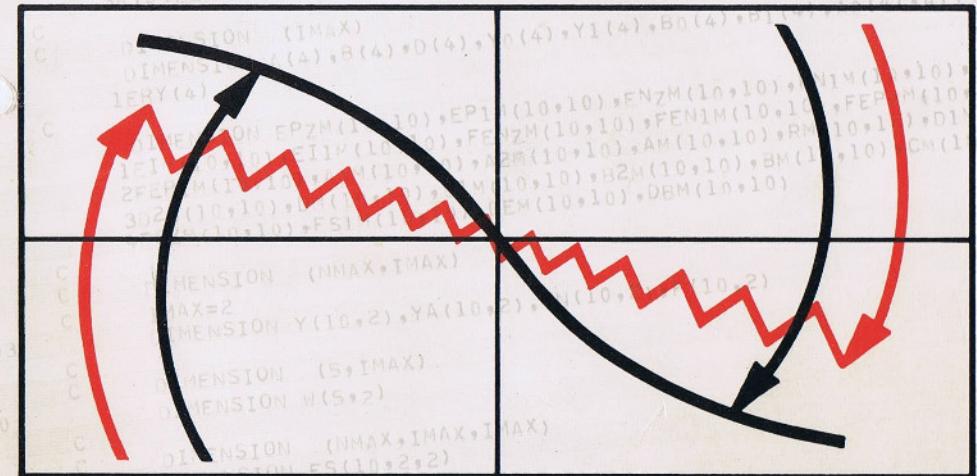


TECHNISCHE KYBERNETIK



The diagram illustrates a series circuit with three main components: a resistor (R), a source (S), and a voltage source (W). The circuit is powered by a voltage source W. The current flows from node X through component S, then through component R, and finally to node Z. Nodes are labeled X, Y, and Z.



**Informationsschrift
über die neue
Studienrichtung
Technische Kybernetik**

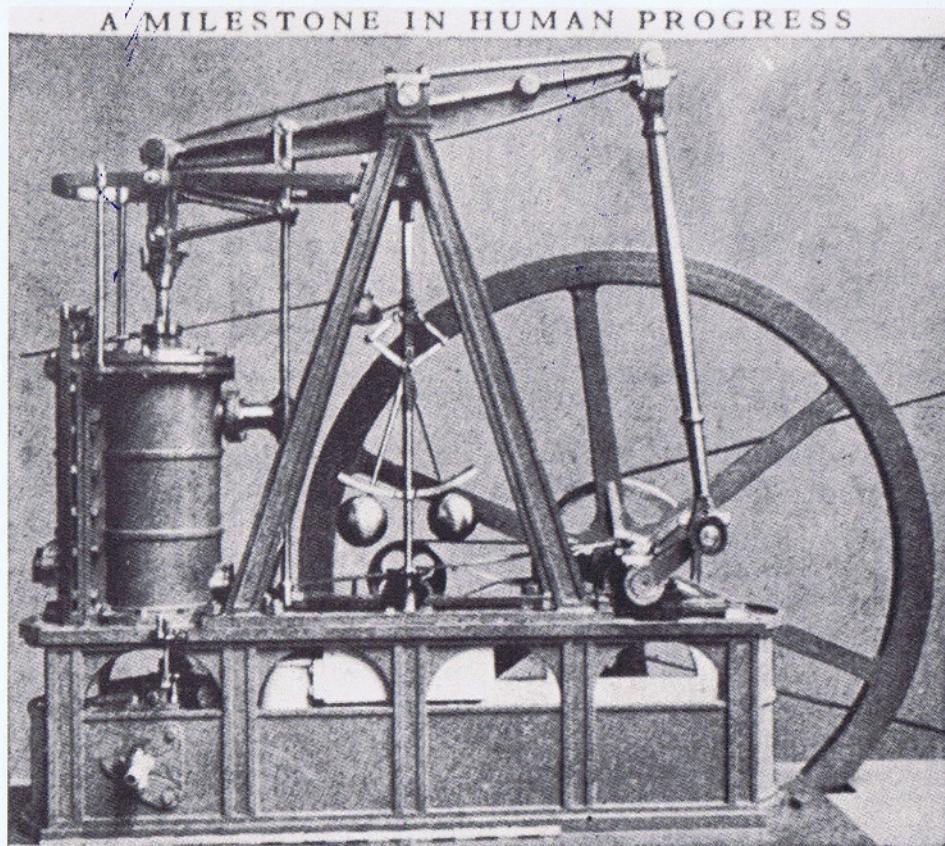
**Für Abiturienten und Studenten
bis zum Vordiplom**

Anfänge

Die Lebewesen sind die ältesten und die bis heute in ihrer Wirkungsweise am wenigsten durchschaubaren automatisch arbeitenden Systeme.

Erste, von Menschen geschaffene, selbsttätig arbeitende Systeme findet man vereinzelt bei den Griechen der Antike und im alten China (Wasseruhren, Niveauregelungen).

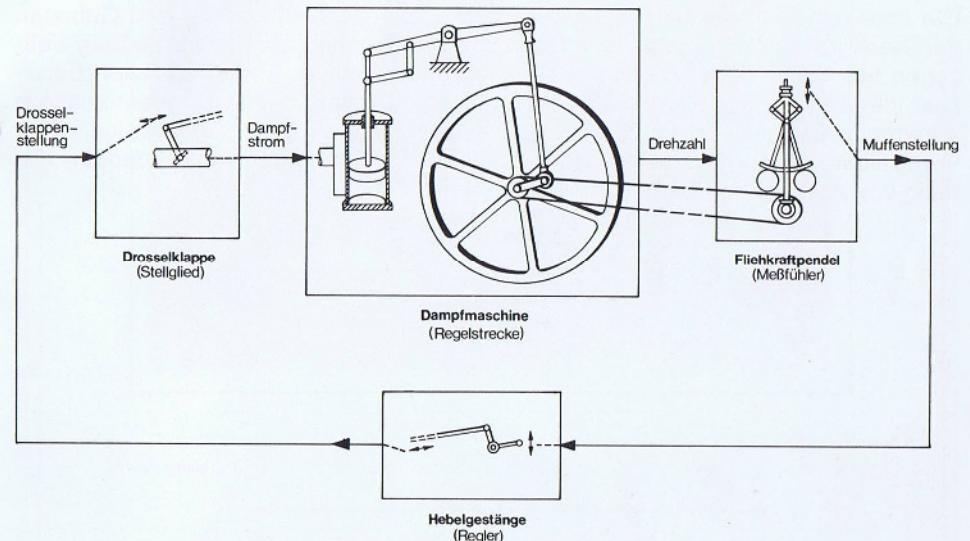
Von einer Technik automatischer Systeme kann man jedoch erst seit etwa 1800 sprechen, als man Kolbendampfmaschinen und Wasserräder mit einer selbsttätigen Drehzahlregelung ausstattete.



This is the original model of James Watt's perfected steam engine, as it appeared about 1800, the year in which Watt retired from active work. It embodies everything he did to change the steam engine from a wasteful device to a fine source of power for driving machinery.

James Watt's Dampfmaschine mit Fliehkraftregler (1784)

Blockschaltbild der Drehzahlregelung



Die Drehzahl der Dampfmaschine (Regelgröße) wird mit Hilfe eines Fliehkraftpendels gemessen. Erhöht sich die Drehzahl z. B. infolge einer geringeren Belastung der Maschine (Störgröße), so bewegen sich die beiden Pendelmassen auf Grund ihrer Fliehkräfte nach außen. Die Muffe wird dadurch nach oben bewegt und bewirkt über ein Hebelgestänge eine solche Verstellung der Drosselklappe, daß der Dampfzustrom reduziert wird. Durch diesen Eingriff in die Energiezufuhr der Maschine (Stellgröße) wird die Drehzahl wieder vermindert. Auf diese Weise wirkt die obige Anordnung einer durch Störgrößen hervorgerufenen Drehzahländerung entgegen. Die Drehzahl wird geregelt.

Die Ein- und Ausgänge der einzelnen Kästchen im obigen Blockschaltbild stellen Signale dar. Die Pfeile kennzeichnen die Richtung, in der diese Signale im System weitergeleitet werden. Man erkennt so den geschlossenen Wirkungsablauf, den Regelkreis.

Erfolgt die Einstellung der Drosselklappe z. B. von Hand, unabhängig von der Drehzahl, so spricht man von Steuerung. Der untere Teil des Blockschaltbildes, „die Rückführung“, existiert dann nicht. Der Wirkungsablauf ist nicht geschlossen.

Weiterentwicklung

Mit zunehmender Industrialisierung entstanden zu Beginn des 19. Jahrhunderts weitere automatisch arbeitende Systeme, wie z. B. Gasdruck-Regelungen für Straßenbeleuchtungen, Wasserstand-Regelungen in Dampfkesseln und automatische Webstühle.

Neue und schwieriger zu lösende Aufgaben stellten sich dann mit der weiter fortschreitenden Perfektionierung unserer Verkehrs- und Kommunikationssysteme. Automatische Kursregelungen von Schiffen und Flugzeugen (Autopiloten) waren schließlich um 1930 ein stolzer Erfolg langjähriger Forschungsarbeiten.

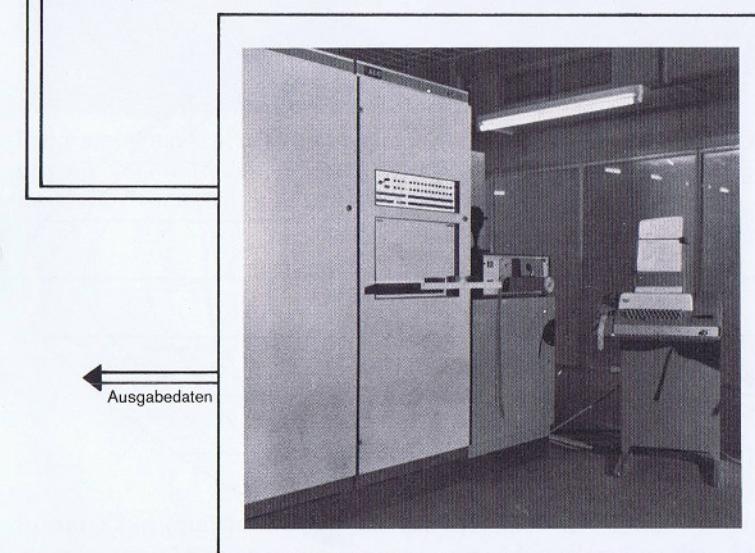
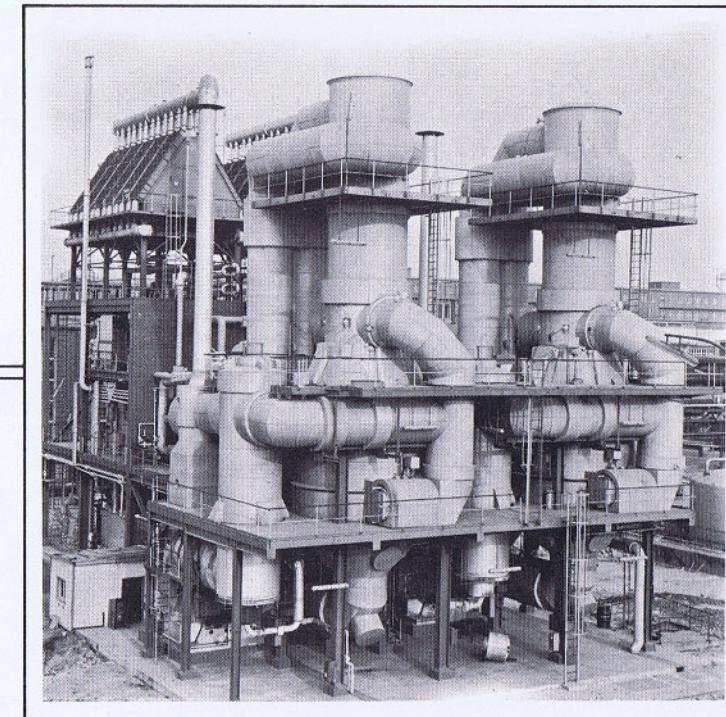
Die imposante Entwicklung, die sich in den letzten Jahrzehnten auf den Gebieten der Nachrichtenübertragung, der Datenspeicherung und Datenverarbeitung vollzogen hat, schuf neue Möglichkeiten. Diese gestatten es, in nahezu allen Bereichen der Technik und nicht zuletzt auch auf dem Gebiete der Medizin automatisch arbeitende Systeme zu entwickeln und einzusetzen, die in der Lage sind, ohne unmittelbaren Eingriff des Menschen einen immer umfangreicher werdenden Katalog von Aufgaben selbstständig auszuführen.

Die Entwicklung der
Technik ist in drei Phasen unterteilt:

1. Mechanische
Technik (ca. 1800 - 1940)

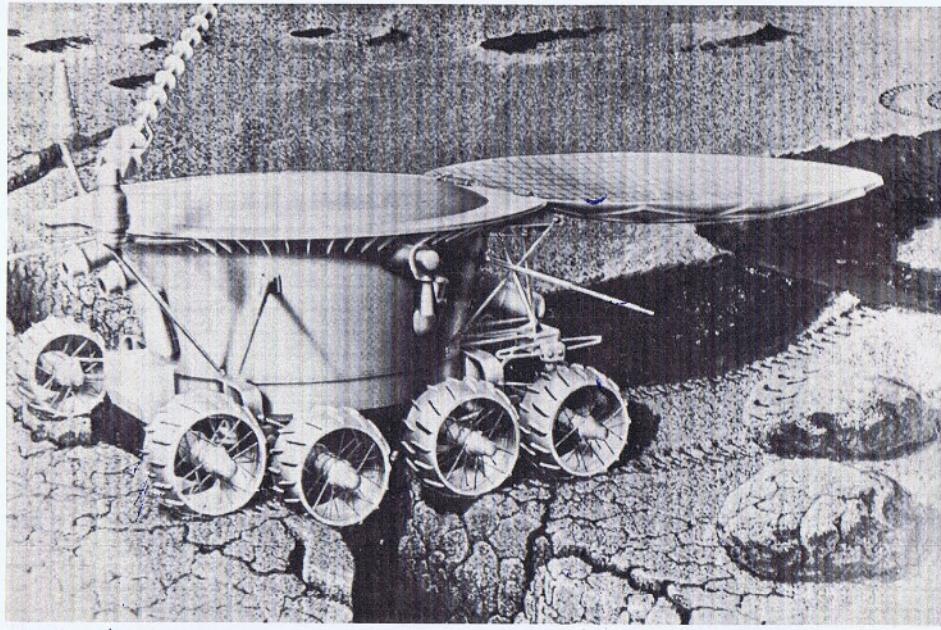
2. Elektrische
Technik (ca. 1940 - 1970)

3. Digitale
Technik (ca. 1970 - heute)

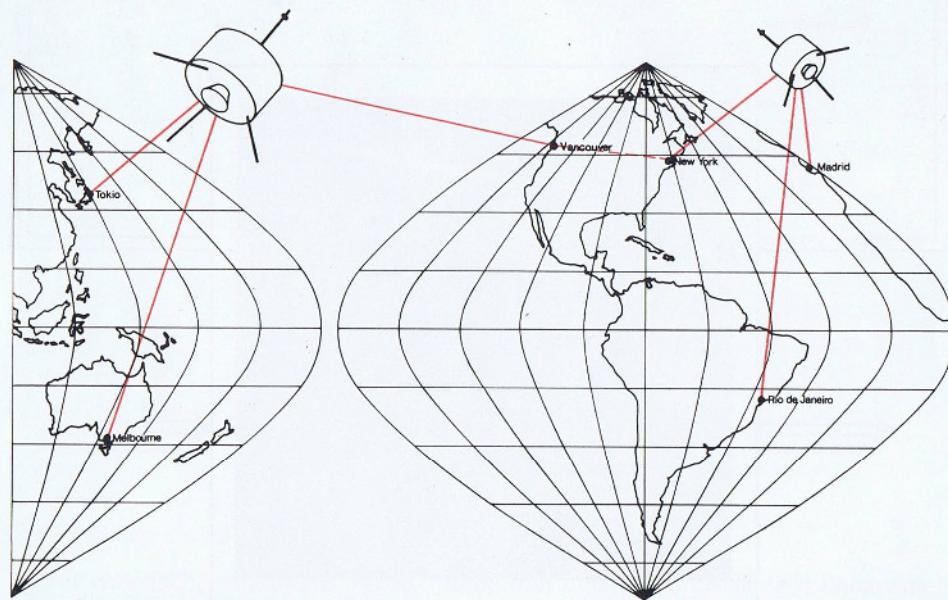


Einige Beispiele seien erwähnt:

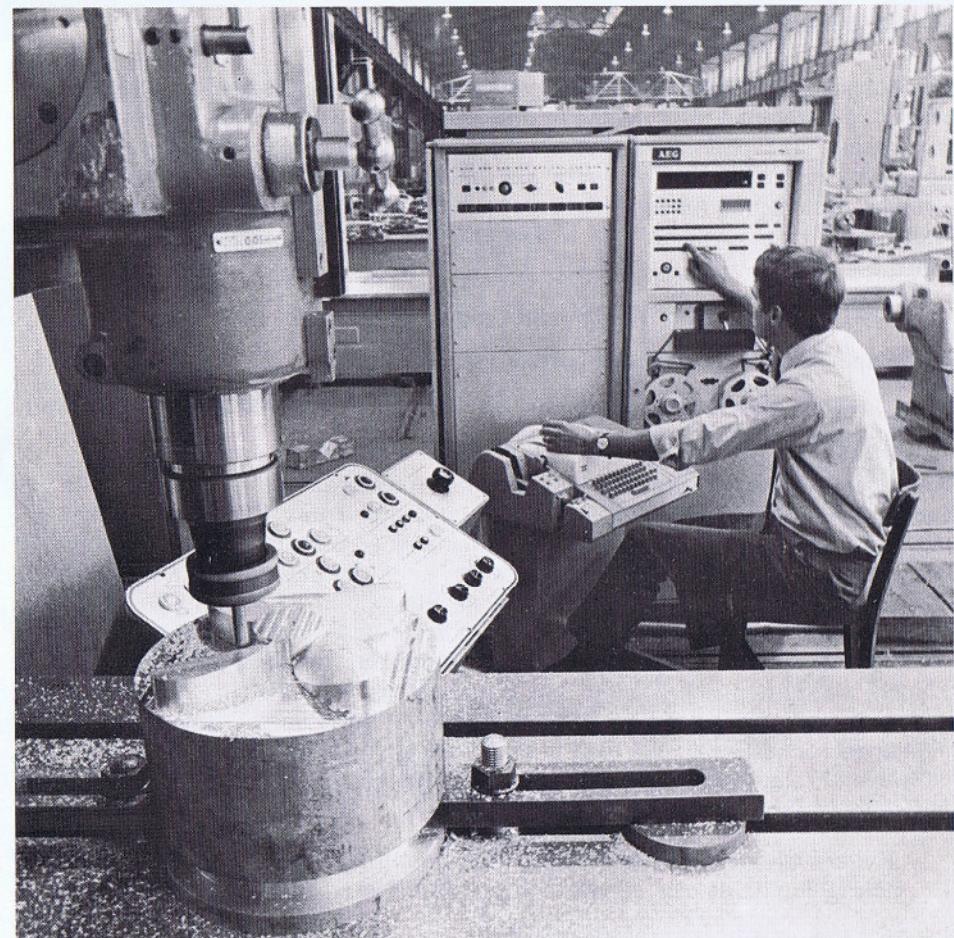
In der chemischen Industrie werden durch den Einsatz von Rechnern immer mehr komplexe Produktionsanlagen vollautomatisch betrieben, um unabhängig von der Zusammensetzung der Rohstoffe und anderen äußeren Einflüssen eine gleichmäßige Produktqualität bei möglichst hoher Ausbeute zu erreichen.



Die Realisierung des amerikanischen und sowjetischen Raumfahrtprogramms wäre ohne den Einsatz außerordentlich komplexer automatischer Systeme undenkbar. Ein besonders charakteristisches Beispiel ist das russische Mondfahrzeug Lunochod I.



Ohne automatische Systeme gäbe es auch heute noch keine Nachrichtenübertragung oder Wettervorhersage durch Satelliten.



Programmgesteuerte Werkzeugmaschinen entlasten den Menschen im Fertigungsprozeß von routinemäßig sich wiederholenden Arbeitsvorgängen und führen zu erhöhter Produktivität bei gleichbleibender Präzision.

In der Chirurgie hat — um nur ein Beispiel zu nennen — die Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine die Grenzen der Möglichkeiten des Arztes erheblich erweitert. Sie gestattet es, Herz und Lungen von der Blutzirkulation abzuschalten und einen extrakorporalen Blutkreislauf über längere Zeit aufrecht zu erhalten.

Kybernetik

Der Wunsch, Wirkungsweise und Eigenschaften automatisch arbeitender Systeme besser zu verstehen, führte bereits Ende des vorigen Jahrhunderts zu ersten bescheidenen Versuchen einer mathematischen Beschreibung von Regelvorgängen. Aber erst im Laufe der Zeit reifte die Erkenntnis, daß unabhängig von dem jeweiligen technischen Anwendungsbereich automatisch arbeitende Systeme in den folgenden für ihr Funktionieren wesentlichen Struktureigenschaften übereinstimmen:

1. Sie nehmen Informationen aus ihrer Umgebung auf.
2. Sie speichern und verarbeiten diese Informationen.
3. Sie geben Informationen, die sich als Resultat dieser Verarbeitung ergeben, an die Umgebung ab.

Die Informationsverarbeitung erfolgt durch Steuerungen und Regelungen, die das Ziel haben, einen bestimmten erwünschten Zustand des Systems zu erreichen und trotz Einwirkung ungünstiger Umwelteinflüsse (Störgrößen) aufrechtzuerhalten. Höhere Formen automatischer Systeme haben darüber hinaus noch die Fähigkeit der Optimierung und Selbstanpassung. Sie sind in der Lage, ihre Wirkungsweise so lange zu verbessern, bis ein Optimum des Funktionierens erreicht ist. Diese Funktionsweisen sind nun aber nicht nur bei selbsttätig arbeitenden Maschinen, sondern gleichermaßen bei biologischen, wirtschaftlichen und sozialen Systemen zu beobachten. Der Mathematiker Norbert WIENER hat diese Zusammenhänge klar erkannt und 1948 erstmals formuliert. Die Wissenschaft, die sich mit diesen Fragen beschäftigt, nannte er Kybernetik (*κυβερνητικός* = Steuermann) und definierte sie folgendermaßen:

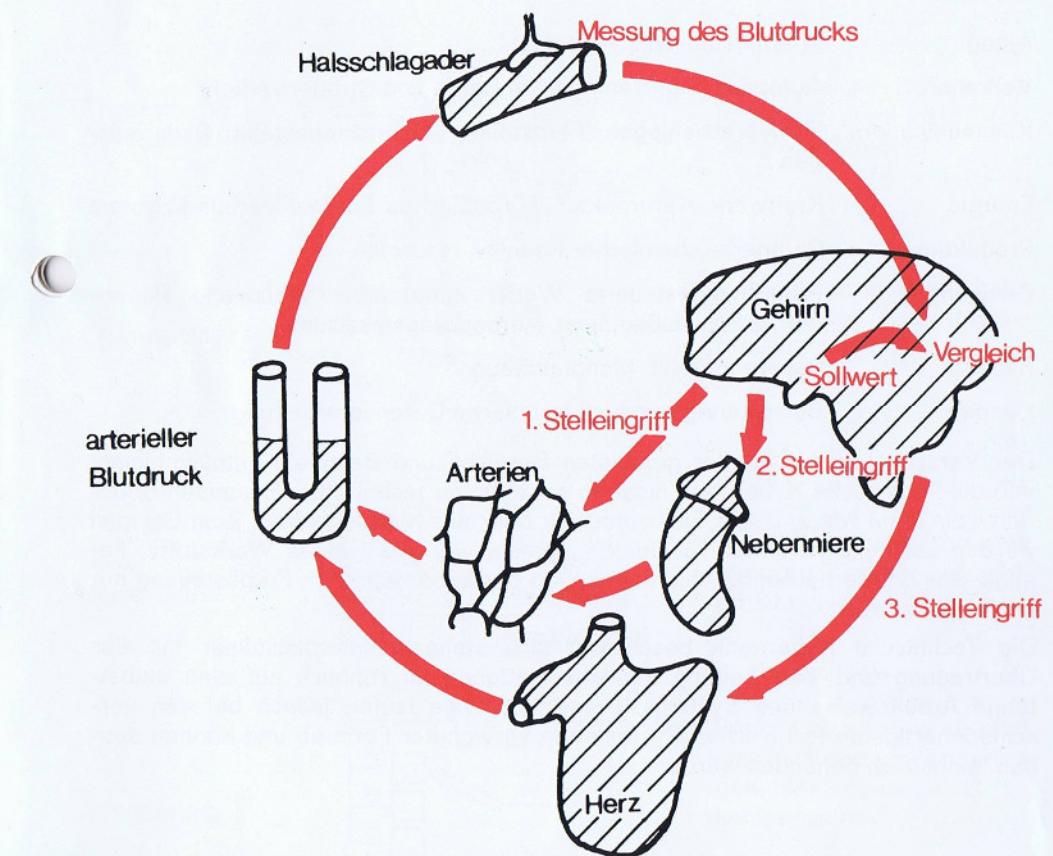
„Kybernetik ist die Wissenschaft von Steuerung, Regelung und Information, gleichgültig ob es sich um lebende Wesen oder um Maschinen handelt.“

Je nach Anwendungsgebiet spricht man von

Technischer Kybernetik,
Biokybernetik,
Wirtschaftskybernetik.

Der hohe Abstraktionsgrad kybernetischer Begriffsbildungen und die damit zusammenhängende Möglichkeit, die Denkweisen der Kybernetik in den verschiedensten Fachdisziplinen fruchtbar werden zu lassen, charakterisieren die Kybernetik als fachverbindende Disziplin.

Ein Beispiel aus der biologischen Kybernetik:



Blutdruckregelung

Wird im Gehirn ein zu niedriger Blutdruck registriert, so kann auf drei Arten korrigierend eingegriffen werden:

1. Stelleingriff:
Über Nervenbahnen wird die Arterienmuskulatur veranlaßt, die Blutgefäße zu verengen (schneller Eingriff).
2. Stelleingriff:
Dasselbe kann langfristig dadurch geschehen, daß das Nebennierenmark zur Ausschüttung von Hormonen angeregt wird.
3. Stelleingriff:
Verstärkte Herztätigkeit.

Diese verschiedenen Möglichkeiten ergeben insgesamt ein besonders leistungsfähiges und flexibles automatisch arbeitendes System.

Technische Kybernetik

Die Technische Kybernetik ist der am weitesten entwickelte Zweig der allgemeinen Kybernetik. Wie man den nachfolgenden Beispielen entnimmt, beeinflussen die ihren Gesetzen gehorgenden automatischen Systeme unser Leben in allen Bereichen:

Alltag: Thermostat, Waschautomat ...

Verkehr: Autopilot, Signalanlagen im Bahn- und Straßenverkehr

Kommunikation: Fernsprechanlagen, Fernsehen, Nachrichtensatellit, Radaranlagen ...

Energie: Kraftwerk, Kernreaktor, Europäisches Energie-Verbund-System

Produktion: Raffinerie, chemischer Reaktor, Hochofen ...

Fertigung: Programmgesteuerte Werkzeugmaschine, Walzwerk, Papierfabrik, Schweißautomat, Verpackungsmaschine ...

Raumfahrt: Rakete, Satellit, Mondfahrzeug

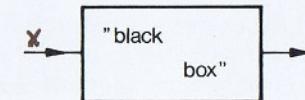
Handel: Buchhaltung durch elektronische Datenverarbeitung

Der Verschiedenartigkeit der genannten Bereiche und Beispiele entnimmt man, daß die Technische Kybernetik nicht an bestimmten technischen Systemen orientiert sein kann wie z. B. die Elektrotechnik oder der Maschinenbau. Zum Beispiel werden spezielle konstruktive Gesichtspunkte, wie Wahl eines Werkstoffs, Festigkeit und Oberflächenbeschaffenheit, von der kybernetischen Fragestellung nur am Rande erfaßt.

Die Technische Kybernetik beschäftigt sich vielmehr interdisziplinär mit der Übertragung und Verarbeitung von Informationen im Hinblick auf eine selbsttätige Arbeitsweise des Systems. Diese Vorgänge laufen jedoch bei den verschiedenartigsten technischen Systemen in verwandter Form ab und können deshalb einheitlich behandelt werden.

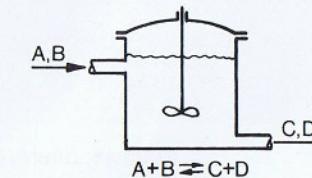
Zu den Problemen der kybernetischen Forschung gehören u. a.:

Experimentelle
Systemanalyse



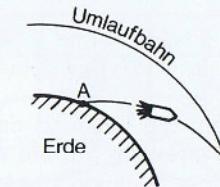
x, y gegeben.
Was steckt im schwarzen Kasten?

Theoretische
Systemanalyse



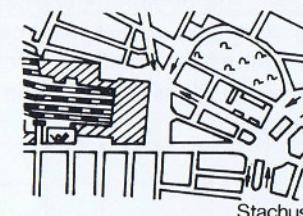
Durch welche Differentialgleichung wird der Vorgang beschrieben?

Optimierung



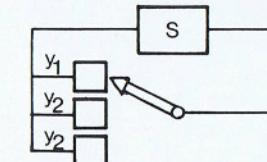
Auf welcher Aufstiegsbahn A B ist der Treibstoffverbrauch minimal?

Logik



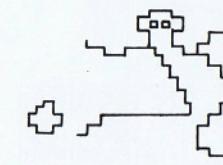
Welche Logik schaltet die Ampeln eines Straßennetzes so, daß ein möglichst flüssiger Verkehr aufrechterhalten werden kann?

Adaptierung



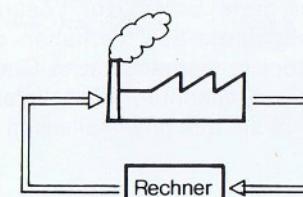
Welche Steuerung y_i muß man wählen, um Änderungen des Systems S zu kompensieren?

Erkennung



Wieviel Zeichen sind notwendig, um den Fußballer zu erkennen?

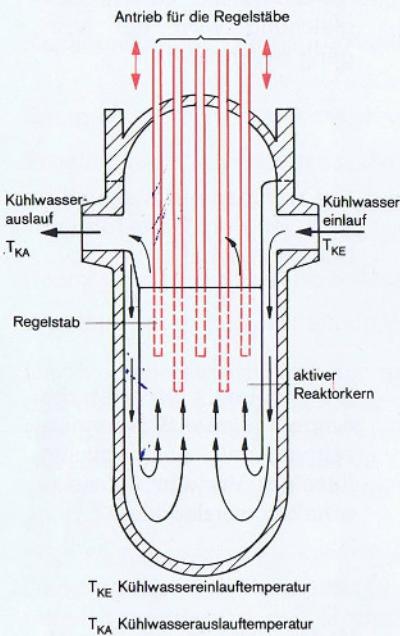
Prozeßrechner



Wie muß man den Rechner programmieren, um komplexe Systeme steuern und regeln zu können?

Beispiel für die Lösung eines Regelproblems

Das abgebildete System stellt einen Druckwasserreaktor dar, wie er in Kraftwerken eingesetzt wird. Die Leistung des Reaktors ist proportional der Kühltemperaturdifferenz $T_{KA} - T_{KE}$. Sie soll dem benötigten Leistungsbedarf (z. B. Tag-Nachtzyklus des Kraftwerk) durch Regelung angepaßt werden. Weiterhin soll die Leistungserzeugung in den einzelnen aktiven Elementen des Reaktorkerns möglichst gleich groß sein.



Druckwasserreaktor

Neutronendichte $n(z,t)$:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{\partial^2 n}{\partial z^2} + \frac{1}{\lambda^+}(\rho - \beta)n + \lambda C$$

Dichte verzögter Neutronen $C(z,t)$:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\beta}{\lambda^+}n - \lambda C$$

Reaktivität $\rho(z,t)$:

$$\rho = \rho_o + \rho_R + \Gamma_U T_U + \Gamma_K T_K$$

Brennstofftemperatur $T_U(z,t)$:

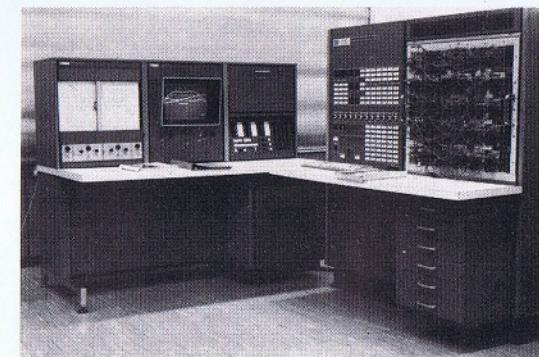
$$\frac{\partial T_U}{\partial t} = \frac{1}{\tau_B}(T_K - T_U + \omega n)$$

Kühlmitteltemperatur $T_K(z,t)$:

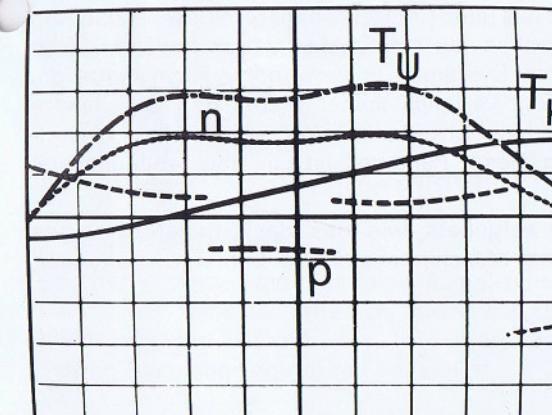
$$0 = \frac{\partial T_K}{\partial z} + d(T_K - T_U)$$

Modellgleichungen

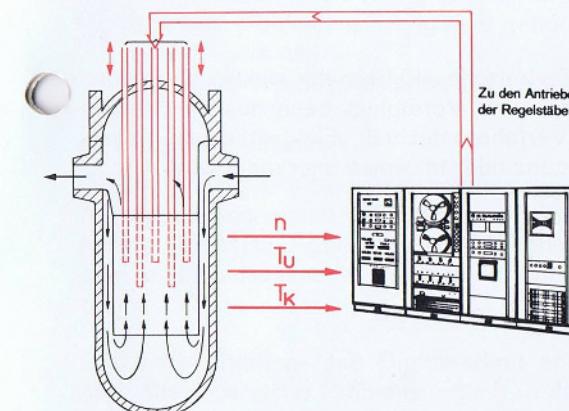
Sowohl die Leistung des Reaktors als auch deren Verteilung auf die aktiven Elemente können über die Stellung der neutronenabsorbierenden Regelstäbe beeinflußt werden (Stellorgane). Die Aufgabenstellung an den Regelungstechniker lautet: Wie muß der Regler die Regelstäbe einstellen, damit die obigen Forderungen erfüllt werden?



Simulation auf dem Analogrechner



Simulationsergebnis



Regelkreis

Die Kenntnis der Modellgleichungen ermöglicht die **Simulation** des Systems auf einem Analog- oder Digitalrechner; sie gibt Aufschluß über das Systemverhalten.

Gezeigt ist hier die Simulation auf dem Analogrechner. Das Simulationsergebnis kann zum Beispiel auf einem Sichtgerät beobachtet werden.

Der erste Schritt zur Lösung der Aufgabe besteht darin, das Verhalten des Druckwasserreaktors in mathematische Gleichungen zu fassen, die sogenannten **Modellgleichungen**. Man gewinnt sie aus physikalischen Ansätzen.

Modellgleichungen und Simulation sind schließlich Ausgangspunkt für den **Entwurf des Regelsystems** mit Hilfe geeigneter regelungstechnischer Methoden. Im Beispiel wird die Regelung mit Hilfe eines Prozeßrechners realisiert.

Studienrichtung Technische Kybernetik

Bisher bestanden an Universitäten der Bundesrepublik keine besonderen Studienrichtungen, die in der erforderlichen Tiefe und Breite Kenntnisse über das Verhalten automatisch arbeitender Systeme vermittelten. Solche Kenntnisse sind jedoch dringend erforderlich, um in Forschung und industrieller Anwendung Probleme der immer weiter fortschreitenden Automatisierung technischer Prozesse auf der Basis moderner Methoden zu lösen. Ausbildungsgänge dieser Art bestehen deshalb bereits in den meisten hochindustrialisierten Ländern.

Das Arbeiten im Bereich der Technischen Kybernetik setzt fundierte Kenntnisse der naturwissenschaftlichen Grundlagenfächer, insbesondere der Physik und Mathematik voraus. In den ersten vier Semestern werden diese Grundlagen behandelt. Nach dem Vordiplom wird darauf aufbauend der spezielle Lehrstoff aus dem Bereich der Technischen Kybernetik unterrichtet und erarbeitet.

Die Technische Kybernetik erfordert als eine interdisziplinäre Wissenschaft ein relativ hohes Maß an abstraktem Denken, da sie Erscheinungen behandelt, die bei den technisch verschiedenartigsten Systemen in verwandter Form auftreten. Zugleich wird jedoch auch die Fähigkeit verlangt, immer wieder den Zusammenhang mit dem konkreten technischen bzw. physikalischen Sachverhalt herzustellen und zu überprüfen. Die Schulung dieser Fähigkeit ist ein Hauptanliegen des Studiums nach dem Vordiplom.

Das **Vordiplom-Studium** ist ähnlich aufgebaut wie das der Studienrichtungen Verfahrenstechnik, Elektrotechnik und Maschinenbau. Die Lehrveranstaltungen sind wie folgt aufgegliedert:

Mathematik	28%
Technische Mechanik	15%
Physik	15%
Elektrotechnik	12%
Technische Thermodynamik	9%
Konstruktionslehre, Werkstoffkunde	8%
Meßtechnik	5%
Programmieren	4%
Wahrscheinlichkeitstheorie	4%

Dem interdisziplinären Charakter der Technischen Kybernetik wird auch dadurch Rechnung getragen, daß das abgeschlossene Vordiplom benachbarter Studienrichtungen, wie z. B. Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Elektrotechnik, Physik, Luft- und Raumfahrttechnik, auf Antrag ganz oder teilweise anerkannt wird.

Das **Hauptdiplom-Studium** umfaßt folgende Sachgebiete:

1. Dynamik technischer Systeme

Die Lehrveranstaltungen dieser Gruppe vermitteln Methoden, die geeignet sind, das dynamische Verhalten der verschiedenen technischen Systeme (elektrisch,

mechanisch, verfahrenstechnisch, energietechnisch usw.) unter möglichst einheitlichen Gesichtspunkten zu betrachten. Die hier im Vordergrund stehende mathematische Modellbildung basiert auf den allgemeinen Erhaltungssätzen der Physik.

2. Steuerungs- und Regelungstechnik

Der zentralen Stellung, die die Steuerungs- und Regelungstechnik in der Technischen Kybernetik einnimmt, wird durch breit angelegte Grundlagenvorlesungen und ein umfangreiches Praktikum Rechnung getragen.

3. Systemtheorie

Die zu dieser Gruppe gehörenden Vorlesungen umreißen die moderne Systemtheorie und legen die Grundlagen zu eigener wissenschaftlicher Arbeit auf diesem Gebiet. Dem gegenwärtigen Stand der Forschung entsprechend werden u. a. Vorlesungen angeboten über

- Moderne Methoden der Optimierung
- Stochastische Systeme
- Adaptive Systeme
- Systeme mit verteilten Parametern.

4. Simulationstechnik

Bei der Analyse und Synthese komplizierter automatisch arbeitender Systeme ist es fast immer erforderlich, diese mit Hilfe digitaler, analoger oder hybrider Rechenanlagen nachzubilden. In den Vorlesungen werden daher auch die wichtigsten Simulationsverfahren behandelt.

5. Meßtechnik

Nachdem die Meßmethoden der verschiedenen physikalischen Größen (Druck, Temperatur ...) bereits im Studium vor dem Vordiplom behandelt werden, steht hier die Meßwertverarbeitung (digital, analog) und die Theorie des Messens im Vordergrund. Zu diesem Sachgebiet gehören auch Vorlesungen über

- Filtertheorie und
- Experimentelle Systemanalyse (Kennwertermittlung).

6. Prozeßrechentechnik

Diese Lehrveranstaltungen behandeln die Grundlagen der Datenverarbeitung, der Automatentheorie und der Prozeßrechentechnik. Da Prozeßrechner in immer stärkerem Maße zur Automatisierung technischer Anlagen eingesetzt werden, wird dem damit zusammenhängenden Problemkreis ein besonderes Gewicht eingeräumt.

Durch die **Studien- und Diplomarbeit** soll die Fähigkeit geschult werden, eine spezielle technische Problemstellung in die abstrakte Sprache der Kybernetik zu übertragen und umgekehrt, die im abstrakten Bereich gewonnene Lösung im Hinblick auf ihre technische Realisierung zu beurteilen.

Die geforderte **praktische Ausbildung** in industriellen Betrieben umfaßt eine Tätigkeit von 12 Wochen. Diese Tätigkeit soll einen deutlichen Zusammenhang mit einem der folgenden Gebiete haben:

Steuerungs- und Regelungstechnik
Meßtechnik
Datenverarbeitung.

Mindestens 6 Wochen der praktischen Tätigkeit müssen nach der Vorprüfung abgeleistet werden.

Die Ausbildung schließt mit dem Grad des Diplom-Ingenieurs ab. Nach der Diplom-Hauptprüfung ist ein Aufbaustudium möglich.